

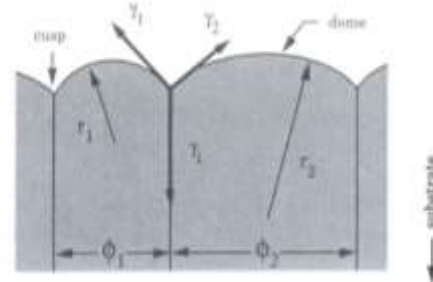
Ciência e Tecnologia de Filmes Finos - POSMAT

Lista de Exercícios

Formação de Filmes Finos, Etapas e Mecanismos de Crescimento

- [Smith, 5.1] Uma molécula tem um coeficiente de condensação $\alpha_c=0.2$ em um filme em deposição sobre sua própria fase sólida. Para esta molécula quais são os valores máximos e mínimos de sua probabilidade de armadilhamento, δ ; coeficiente de aderência (sticking coefficient), S_c ; e fator de utilização, η ?
- [Smith, 5.2] Assumindo que o fator pré-exponencial para difusão superficial seja dado por $k_B T / h$, (a) Qual deve ser o valor da energia de ativação para difusão para resultar em um comprimento de difusão, Λ , de aproximadamente 100 nm entre colisões sucessivas com o vapor incidente, para uma deposição de Si, a uma taxa de 1 $\mu\text{m}/\text{hora}$ e $T_s = 400^\circ\text{C}$? (b) A qual o decréscimo de T_s corresponderia um decréscimo de 10x em Λ ?
- [Smith, 5.3] Em um processo de condensação sem molhar o substrato, a 300K e usando uma sobrepressão de 10^{-4} Pa, qual é o raio crítico de um núcleo clássico para os seguintes metais, negligenciando a área de contato e a anisotropia de γ_f ? (a) Au, com $\gamma_f = 1400 \text{ ergs}/\text{cm}^2$ (dinas/cm); (b) Pb, com $\gamma_f = 560 \text{ ergs}/\text{cm}^2$ (dinas/cm)?
- a) Quais as dificuldades em crescer filmes homogêneos com pequenas espessuras (digamos da ordem de poucos nanômetros)?
b) Em alguns casos a etapa inicial de crescimento de alguns filmes tende a ter crescimento bidimensional, em outros as pequenas estruturas crescidas tende a ser tridimensional. Quais os principais fatores que determinam estas tendências?
- Derive as equações para o raio crítico e para a variação da energia livre de Gibbs:
$$r^* = \frac{\beta}{a \left(\frac{RT}{V_{mc}} \right) \cdot \ln \left(\frac{n_s}{n_v} \right)}, \quad \Delta G^* = \frac{\pi \beta^2}{a \left(\frac{RT}{V_{mc}} \right) \cdot \ln \left(\frac{n_s}{n_v} \right)}$$
para o raio crítico de um núcleo 2D.
- Quais são os fatores que influenciam se um vapor adsorvente irá molhar o substrato?
- Descreva resumidamente as principais etapas do crescimento de filmes finos em vácuo.
- Faça uma lista indicando pelo menos 5 fatores capazes de inibir a nucleação 3D.
- a) Explique a diferença entre o regime de soterramento (burial) e o regime de dessorção relativos ao crescimento de filmes. b) Qual a relação entre estes regimes e o comprimento de difusão das espécies adsorvidas durante o processo de crescimento?

10. Tendo a tensão superficial como determinante do crescimento analise os tipos de crescimento possíveis de filmes e cristais.



11. [Smith, 5.10] Derive a relação entre o raio do domo e o diâmetro da coluna que satisfaz o balanço de força da figura abaixo [Fig. 5.23, Smith], assumindo γ isotrópico e desprezando efeitos de curvatura sobre γ .

12. [Smith, 5.11] Em um processo de crescimento, 100 nm de material elástico CaF_2 é depositado com um stress intrínseco de $+10 \text{ kpsi}$ sobre Si (100) de $0,4 \text{ mm}$ de espessura a 300°C . Após a deposição o conjunto é esfriado a 25°C . Assumindo que o módulo elástico biaxial do CaF_2 seja de $4 \times 10^{10} \text{ Pa}$, pede-se (a) Qual é o nível de tensão (stress, em MPa) e a deformação (strain) no filme ? (b) Quais são as contribuições do balanço de força e do módulo de curvatura para a deformação do substrato na interface com o filme? (c) Qual é o raio de curvatura do substrato em m?
13. [Smith, 5.12] Um filme está sendo depositado com um stress intrínseco de -500 MPa em substrato de Si(111) de espessura 0.2 mm , como mostrado na Fig. 5.33. Se um feixe de laser atinge a superfície a 2 cm da beira do suporte, que espessura de filme (em nm) produzirá uma ângulo de deflexão de 0.1° ?
14. [Passos da dedução da Eq. 5.7 do Smith] Explique passo a passo a dedução da equação que define a probabilidade de reação com a superfície R_r e a probabilidade de reação de quimissorção ζ , dentro do modelo de Langmuir-Hinshelwood (adsorção $\rightarrow$ quimissorção) [Smith, Eq. 5.7] Explique as hipóteses simplificadoras utilizadas na dedução.